

Electric lamp

Patent number: DE632332
Publication date: 1936-07-06
Inventor:
Applicant: BERNHARD ERBER
Classification:
- International: H01K3/02
- european:
Application number: DE1932E043689D 19321218
Priority number(s): ATX418989 19320507

Also published as:

 US2030695 (A1)
 GB418989 (A)
 FR755026 (A)
 NL42073C (C)

Report a data error here

Abstract not available for DE632332

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Patented Feb. 11, 1936

2,030,695

UNITED STATES PATENT OFFICE

2,030,695

ELECTRIC LAMP

Bernhard Erber, Vienna, Austria

No Drawing. Application April 22, 1933, Serial
No. 667,511. In Austria May 7, 1932

3 Claims. (CL 176—129)

This invention relates to a new and improved incandescent electric lamp the luminous body of which consists of the carbide of tantalum or of a metal of the tantalum group, and to a method of manufacturing the same.

Repeated attempts have already been made to produce incandescent electric lamps with a luminous body of tantalum carbide, since tantalum carbide possesses an extremely high melting point, and could therefore be heated to a temperature promising a very high degree of photometric efficiency. The proposals hitherto made, which have tended mainly in two directions, have not, however, led to any practically useful results. On the one hand the attempt has been made to employ luminous bodies consisting entirely of tantalum carbide. Since, however, the attempts hitherto made in this direction have only resulted in the production of tantalum carbide bodies which possess but little mechanical strength, which have pronounced crystalline structure, and which above all are rigid and highly brittle, lamps made with such luminous bodies could not satisfy the requirements made thereof. The second proposal, which aimed, generally speaking, at manufacturing the luminous body not entirely of tantalum but of a metallic core of tungsten, tantalum, or rhenium coated with tantalum carbide, has likewise proved unsuccessful in utilizing to the full the favorable properties of tantalum carbide as a material for the luminous body of an incandescent electric lamp, since both tungsten and also tantalum and rhenium have melting points which are considerably below the melting point of tantalum carbide, so that if these metals be used as a filament core, the possibility of utilizing the main advantage of tantalum carbide, that is its exceptionally high melting point, is ruled out from the start. With the employment of tungsten in the manner indicated, there results the further disadvantage that the same combines with tantalum carbide to form tungsten carbide, thus liberating metallic tantalum which evaporates at a comparatively very low temperature, so that the luminous body becomes useless after quite a short time. Rhenium and tantalum do not combine with the tantalum carbide to form compounds which would render the lamp unfit for use, but their melting points are still lower than that of tungsten, so that in these cases only very inefficient working of the lamp would be possible, or only very low intrinsic brilliancy could be obtained.

The present invention provides a luminous body for incandescent electric lamps which per-

mits of the full utilization of the valuable properties of tantalum carbide or of the carbide of one of the metals of the tantalum group, while completely eliminating the disadvantages of the previous proposals. In accordance with the invention, the carbide of tantalum is again carried upon a core, but this core consists not of metal but of material which fulfills simultaneously the two following requirements: namely, this material must have a melting point which is not appreciably below and preferably even above that of tantalum carbide, and, secondly, this material may not lead to deleterious alteration of the tantalum carbide coating through spontaneous carbide formation. A material which fulfills these requirements simultaneously, and which in addition possesses the further advantage of reconvert ing any metallic tantalum happening to be formed under working conditions into tantalum carbide, has been found in carbon in the solid form, this material being employed, in accordance with the invention, as the carrier of the tantalum carbide coating. The carbon filament does not combine with tantalum carbide, and with metallic tantalum it only combines, in a highly desirable manner, to form tantalum carbide. Destruction neither of the tantalum carbide coating nor of the carbon core can thus occur in consequence of chemical conversion or double decomposition, but on the contrary, if the formation of metallic tantalum should occur intermittently, this metal is at once regenerated to carbide by the carbon content of the filament core. The melting point of carbon is considerably above that of tantalum carbide, so that the filament can be heated, without regard for the carbon core, up to the permissible or desirable limit for the tantalum carbide.

The tantalum carbide luminous bodies made in accordance with the invention can be produced with a highly uniform superficial layer which permits of the maintenance of the mechanical properties of the carbon core employed. If care be taken that the tantalum carbide coating encloses the carbon core at all points, that is to say in a perfectly coherent layer, diffusion or atomization of the carbon filament is prevented with certainty, even when the temperature employed be far above that at which this carbon filament would atomize if it were placed, for example, in the exposed condition in vacuo. The consumption of the carbon core, insofar as this takes place for the regeneration of the tantalum carbide layer during working, is without any detrimental influence on the working capacity of the luminous

body. Even if the carbon core were to become for the greater part or even entirely consumed for the formation of tantalum carbide, in the course of long use, the resultant filament of pure tantalum carbide still possesses sufficient elasticity to remain technically useful.

In order to increase the heat intensity, the carbon filament employed as the carrier for the metallic carbide coating can be coiled or otherwise laid in close loops during the process of manufacture, so that in the finished luminous body an accumulation of heat or a mutual heating up of the individual turns is effected. This shaping or arrangement of the incandescent filament proves particularly advantageous if the lamp is to be provided with a gas filling, which in this case would preferably be a rare gas filling. In general a filling of this nature, and more particularly a rare gas filling, will always be advisable, since the same still further reduces the possibility of the formation of metallic tantalum through dissociation at the surface of the tantalum carbide which is in any case very remote in the present instance.

The manufacturing of a tantalum carbide luminous body in accordance with the present invention is preferably carried out by first depositing on the carbon filament core tantalum in the metallic form, and in a continuous coherent adhering coating, and then converting this metallic tantalum into tantalum carbide in the course of a further stage of the manufacturing process. For the purpose of first depositing metallic tantalum on to the carbon filament this latter is heated for example in a tantalum-halogenous atmosphere, whereby the metal is deposited from the gaseous phase on to the glowing carbon filament in a manner known per se. It is advantageous at this stage of the process not to heat the carbon filament to too high a temperature, so that a uniform, homogeneous, adhering coating of the pure metallic tantalum may be formed, without the occurrence of carbide formation at this stage. After the metallic tantalum coating has attained the required density and thickness, this tantalum is converted into the carbide by the addition of carbon. This addition of carbon can be effected either exclusively from the carbon filament core, or the carbon can be introduced, at all events for the greater part, from the outside. In the latter case the carbon filament coated with metallic tantalum is exposed, under the application of heat, to an atmosphere containing one or more carbon compounds whereas when the carbon required for the carbide formation is derived from the carbon filament core only the tantalum-covered carbon filament is heated in an atmosphere of rare gas or in vacuo. The required temperature, at which the tantalum reacts with the carbon, is of the order of 1200 to 1600 degrees centigrade, and the heating can be effected either by means of resistance heating or in a furnace. The heating must be carried out carefully and slowly, so that the metallic tantalum shall not evaporate before the tantalum carbide is formed. Particular care must be taken in this direction when the heating is effected in vacuo, while when the heating is carried out in a rare gas atmosphere the danger of evaporation of the metallic tantalum is considerably less. When the tantalum-covered carbon filament is heated in a carbon-containing atmosphere the process can be so directed, by suitable selection of the carbon compounds (prefer-

ably carbohydrates) to be decomposed and by the mode of heating adopted, that either both the carboniferous atmosphere and also the carbon filament core are utilized to a considerable extent for supplying the necessary carbon, or the absorption of carbon by the tantalum takes place exclusively or at least for the greater part only from the carboniferous atmosphere. The methods of carbide formation with a supply of carbon from the outside or with the simultaneous supply of carbon from the inside and from the outside are preferable to the method with carbon derivation from within alone, since the surface of the carbon filament core is spared thereby.

It will be clear without further explanation that the carbon filament must be very carefully degassed and cleansed before being coated with tantalum, so that the coating may not be injured by deleterious impurities driven out of the carbon filament in the course of heating.

It has proved advisable to carry out the manufacturing of the tantalum carbide-coated carbon filament outside the bulb of the incandescent lamp, although it is of course possible to carry out the manufacturing process within the lamp itself. Manufacturing outside the lamp is preferable for the reason that it can happen that the filament does not acquire the same temperature at all points, with the result that the coating is not uniform at all points. More particularly in the case of resistance heating is it to be expected that lower temperatures will be obtained at the ends nearest the current leads than at the remaining parts of the filament, so that these ends could become sources of defectiveness. If, on the other hand, the manufacturing of the filament be carried out outside the lamp, there is no difficulty in removing such possibly defective or not quite perfect portions of the filament, it being merely necessary to make the latter somewhat longer originally than will be required for the final use in the lamp. The finished filament is then introduced in a known manner into an incandescent lamp stem, in which connection it can be advantageously additionally to protect the ends of the filament and the leading-in wires by the application of tantalum carbide thereto.

It is also possible to employ, in a manner analogous to that described for tantalum carbide, the carbides of the homologues of tantalum, namely of niobium and vanadium. The latter materials have a lower melting point than tantalum carbide, so that the degree of intrinsic brilliancy obtainable remains below that obtainable with tantalum carbide.

I claim:

1. A luminous body of an incandescent lamp comprising a filament consisting of solid carbon and a tightly adherent homogeneous and coherent coating enclosing said filament consisting of a carbide of one of the metals of the tantalum group.

2. A luminous body of an incandescent electric lamp comprising a coil filament having a carbon core and having a coherent, homogeneous, tightly adherent tantalum carbide coating for said core.

3. An incandescent electric lamp, said lamp being filled with a rare gas, and comprising an incandescent filament having a carbon core and a coherent, homogeneous, tightly adherent tantalum carbide coating therefor.

DEUTSCHES REICH



AUSGEGEBEN AM
6. JULI 1936

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

Nr 632332

KLASSE 21f GRUPPE 34

E 43689 VIII c/21f

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 18. Juni 1936

Bernhard Erber in Wien

Elektrische Glühlampe, deren Leuchtkörper an seiner Oberfläche aus dem Carbid des Tantals oder eines Metalls der Tantalgruppe besteht, und Verfahren zu ihrer Herstellung

Patentiert im Deutschen Reiche vom 18. Dezember 1932 ab

Die Priorität der Anmeldung in Österreich vom 7. Mai 1932 ist in Anspruch genommen.

Es wurde schon vielfach versucht, Glühlampen mit einem Leuchtkörper aus Tantalcarbid zu schaffen, da Tantalcarbid einen außerordentlich hohen Schmelzpunkt besitzt und daher auf eine sehr gute Lichtausbeute ergebende hohe Temperatur erhitzt werden könnte. Die bisherigen Vorschläge, welche in der Hauptsache in zwei Richtungen gingen, haben jedoch nicht zu praktisch brauchbaren Ergebnissen geführt. Man hat einerseits versucht, Leuchtkörper zu verwenden, die durchweg aus Tantalcarbid bestanden. Da es jedoch auf diesem Wege bisher nur gelungen ist, mechanisch wenig feste Tantalcarbidkörper herzustellen, welche stark kristallinisches Gefüge aufweisen, vor allem aber starr und leicht brüchig sind, konnten Lampen mit solchen Leuchtkörpern den an eine Glühlampe zu stellenden Anforderungen nicht genügen. Der zweite Vorschlag, der im Wesen dahin ging, den Leuchtkörper nicht durchgehend aus Tantalcarbid herzustellen, sondern auf einem Kern aus Metall, und zwar aus Wolfram, Tantal oder Rhenium, einen Überzug aus Tantalcarbid zu verwenden, ist gleichfalls nicht geeignet, die günstigen Eigenschaften des Tantalcarbides als Leuchtkörper einer Glühlampe voll auszunutzen, da sowohl

Wolfram als auch Tantal und Rhenium Schmelzpunkte aufweisen, welche beträchtlich unter dem Schmelzpunkt des Tantalcarbides liegen, so daß es bei Anwendung dieser Metalle als Kerndraht von vornherein nicht möglich ist, den Hauptvorteil des Tantalcarbides, das ist seine hohe Erhitzungsmöglichkeit, auszunützen. Daneben ergibt sich bei der Verwendung von Wolfram der Nachteil, daß das Wolfram mit dem Tantalcarbid die Verbindung zu Wolframcarbid eingeht und dabei metallisches Tantal frei macht, welches schon bei verhältnismäßig sehr niedriger Temperatur verdampft, so daß der Leuchtkörper schon nach kurzer Zeit unbrauchbar wird. Rhenium und Tantal setzen sich zwar mit dem Tantalcarbid nicht zu Verbindungen um, welche die Lampe betriebsunfähig machen würden, doch liegen ihre Schmelzpunkte noch tiefer als jener des Wolframs, so daß in diesen Fällen nur ein sehr unökonomischer Betrieb der Lampe möglich wäre bzw. nur sehr niedrige Leuchtdichten erhalten werden können.

Durch die Erfindung gelingt es nun, einen Leuchtkörper für Glühlampen zu schaffen, welcher die volle Ausnutzung der wertvollen Eigenschaften des Tantalcarbides bzw. des

Carbides eines der Metalle der Tantalgruppe gestattet, ohne daß dabei die Nachteile der früheren Vorschläge in Kauf genommen werden müßten. Gemäß der Erfindung wird 5 dabei wieder das Tantalcarbid von einer Seele getragen, doch besteht diese Seele nicht aus Metall, sondern aus einem Material, welches gleichzeitig den beiden im folgenden angeführten Erfordernissen entspricht: Es muß 10 eine Schmelztemperatur aufweisen, welche nicht wesentlich unter, vorteilhaft aber noch über jener des Tantalcarbides liegt, und es darf ferner nicht durch eigene Carbunierung eine schädliche Veränderung des Tantalcarbids 15 überzeuges bewirken. Ein Material, das diesen Anforderungen gleichzeitig genügt und darüber hinaus auch noch einen weiteren Vorteil besitzt, nämlich den, sich etwa im Betrieb bildendes Tantalmetall wieder zu Tantal- 20 carbid zu regenerieren, ist Kohlenstoff in fester Form, welcher daher im Sinne der Erfindung als Träger für den Tantalcarbidüberzug verwendet wird. Der Kohlenfaden setzt sich mit Tantalcarbid nicht um und mit 25 metallischem Tantal nur in höchst wünschenswerter Weise zu Tantalcarbid. Es kann daher weder eine Zerstörung des Tantalcarbidüberzeuges noch der Kohlenseele zufolge chemischer Umsetzungen auftreten, im Gegenteil, 30 es wird bei einer etwa auftretenden stellenweiseen Bildung von metallischem Tantal aus dem Tantalcarbid dieses Metall durch den Kohlenstoffgehalt der Seele sogleich wieder zum Carbid regeneriert. Kohle hat einen beträchtlich über der Schmelztemperatur des Tantalcarbides liegenden Schmelzpunkt, so daß die Erhitzung ganz ohne Rücksicht auf die Kohlenseele so weit getrieben werden kann, als dies wegen des Tantalcarbides zu- 35 lässig bzw. zweckmäßig erscheint.

In diesem Zusammenhang sei bemerkt, daß vorgeschlagen wurde, Kohlenfäden mit einem Carbidüberzug zu dem Zweck zu versehen, um die Zerstäubung des Kohlenfadens zurückzudrängen. Diese Vorschläge bezogen sich jedoch nur auf Carbide mit niedrigem Schmelzpunkt (niedriger als jener von Wolfram), so daß derart überzogene Kohlenfäden kaum für jene Betriebstemperatur geeignet 45 erscheinen, die bei gewöhnlichen Wolframfäden Anwendung findet. Irgendein Fortschritt hinsichtlich der Höhe der Betriebstemperatur des Fadens konnte daher auf diese Weise nicht erzielt werden.

Die nach der Erfindung ausgebildeten Tantalcarbidleuchtkörper können mit außergewöhnlich gleichmäßiger Oberflächenschicht hergestellt werden, welche noch die mechanischen Eigenschaften der verwendeten Kohlenseele beizubehalten gestattet. Sorgt man dafür, daß der Tantalcarbidüberzug die Kohlenseele an allen Stellen, also in durchweg zusammenhängender Schicht, umschließt, so ist ein Zerstäuben des Kohlenfadens mit Sicherheit verhindert, auch wenn die angewandte Temperatur noch so hoch über jener liegt, bei welcher dieser Kohlenfaden zerstäubt würde, wenn er beispielsweise frei-liegend im Vakuum untergebracht wäre. Insofern eine Aufzehrung der Kohlenstoffseele 65 für die Regenerierung der Tantalcarbidschicht während des Betriebes erfolgt, ist dies für die Betriebsfähigkeit des Leuchtkörpers ohne schädliche Wirkung. Selbst wenn die Kohlenseele nach langer Betriebsdauer zum größten Teile oder sogar zur Gänze zur Bildung von Tantalcarbid verbraucht worden sein sollte, besitzt der dann resultierende reine Tantalcarbidfaden noch immer genügende Elastizität, um technisch verwertbar zu bleiben. 70

Zur Erhöhung der Wärmeintensität kann der als Träger für den Metallcarbidüberzug verwendete Kohlenfaden während seiner Herstellung spiralisiert oder derart in enge Schlingen gelegt sein, daß bei dem fertigen Leuchtkörper eine Aufspeicherung der Wärme bzw. eine gegenseitige Aufheizung der einzelnen Windungen erfolgt. Diese Ausbildung bzw. Anordnung des Glühfadens erweist sich insbesondere dann als vorteilhaft, wenn eine Gasfüllung, die in diesem Falle vorzugsweise eine Edelgasfüllung sein wird, in der Lampe vorgesehen ist. Im allgemeinen wird eine solche Gasfüllung, insbesondere eine Edelgasfüllung, stets empfehlenswert sein, weil sie 90 die Möglichkeit der Bildung von metallischem Tantal durch Dissoziation an der Oberfläche aus dem Tantalcarbid, die zwar an und für sich im vorliegenden Fall sehr gering ist, noch weiter herabgesetzt. 100

Die Herstellung eines Tantalcarbidleuchtkörpers nach der vorliegenden Erfindung erfolgt vorzugsweise derart, daß auf einen Kohlenfaden als Seele zunächst Tantal in metallischer Form als durchgehend zusammenhängender, festhaftender Überzug niedergeschlagen und hierauf in einem weiteren Verfahrensschritt dieses metallische Tantal in das Tantalcarbid übergeführt wird. Um vorerst das metallische Tantal auf den Kohlenfaden niederzuschlagen, wird dieser Kohlenfaden in einer z. B. tantalhalogenhaltigen Atmosphäre erhitzt, wobei in an sich bekannter Weise das Metall aus der Gasphase auf den glühenden Kohlenfaden niedergeschlagen 105 wird. Es ist dabei vorteilhaft, in diesem Stadium des Verfahrens den Kohlenfaden nicht zu hoch zu erhitzten, damit nur ein gleichmäßig homogener festhaftender Überzug aus dem reinen Tantalmetall gebildet 110 wird, nicht aber schon Carbidbildung eintritt. Nachdem der Tantalmetallüberzug die er-

forderliche Dichte und Stärke erreicht hat, wird dieses Tantalmetall durch Kohlenstoffzufuhr in das Carbid verwandelt. Dabei kann diese Kohlenstoffzufuhr entweder ausschließlich von der Kohlenseele her erfolgen oder aber man kann den Kohlenstoff auch, zumindest zum größten Teile, von außen herzuführen. Im letzteren Falle wird der mit metallischem Tantal überzogene Kohlenfaden einer oder mehrere Kohlenstoffverbindungen enthaltenden Atmosphäre unter Erhitzung ausgesetzt, während bei Entnahme des zur Carburierung erforderlichen Kohlenstoffes aus dem Kohlenfaden allein dieser mit dem Tantalüberzug versehene Kohlenfaden in einer Edelgasatmosphäre oder im Vakuum erhitzt wird. Die zu erreichende Temperatur, bei welcher das Tantal mit der Kohle reagiert, beträgt etwa 1200 bis 1600°, und sie kann entweder durch Widerstandserhitzung oder durch Erhitzung in einem Ofen herbeigeführt werden. Die Erhitzung ist vorsichtig und langsam durchzuführen, damit das Tantal nicht verdampft, bevor das Tantalcarbid gebildet wurde. Besondere Vorsicht ist dabei dann anzuwenden, wenn die Erhitzung im Vakuum erfolgt, während bei Erhitzung in einer Edelgasatmosphäre die Gefahr einer Verdampfung des Tantalmetalls wesentlich geringer ist. Bei der Erhitzung des den Tantalüberzug tragenden Kohlenfadens in einer kohlenstoffhaltigen Atmosphäre kann man das Verfahren durch entsprechende Auswahl der zu zersetzenden Kohlenstoffverbindungen (vorzugsweise Kohlenwasserstoffe) und durch die Art der Erhitzung entweder so leiten, daß sowohl die kohlenstoffhaltige Atmosphäre als auch die Kohlenfadenseele in beträchtlichem Maße zur Kohlenstofflieferung herangezogen werden oder daß die Kohlenstoffaufnahme durch das Tantal ausschließlich oder zumindest zum allergrößten Teile nur aus der kohlenstoffhaltigen Atmosphäre erfolgt. Die Methoden der Carburierung von außen her bzw. der Carburierung von innen und außen her gleichzeitig sind der Carburierung bloß von innen her deswegen vorzuziehen, weil dabei die Oberfläche der Kohlenfadenseele mehr geschont wird.

Es ist selbstverständlich, daß der Kohlenfaden vor dem Überziehen mit Tantal auf das sorgfältigste ent gast und gereinigt werden muß, damit keine Schädigung des Überzuges durch aus dem Kohlenfaden bei Temperaturerhöhung austretende schädliche Verunreinigungen erfolge.

Es erweist sich als zweckmäßig, die Herstellung des den Tantalcarbidüberzug tragenden Kohlenfadens außerhalb der Glühlampe vorzunehmen, wenngleich es natürlich auch möglich

ist, den Herstellungsprozeß in der Glühlampe selbst durchzuführen. Die Herstellung außerhalb der Glühlampe ist deswegen vorzuziehen, weil es vorkommen kann, daß der Faden nicht an allen seinen Teilen die gleiche Temperatur annimmt und daher der Überzug nicht an allen Stellen des Fadens gleichmäßig ist. Insbesondere ist in dem Falle von Widerstandserhitzung damit zu rechnen, daß an den Stromzuführungen niedrigere Temperaturen vorhanden sind als an den übrigen Teilen des Fadens, so daß diese Enden Fehlerquellen bilden könnten. Erfolgt nun die Herstellung des Fadens außerhalb der Glühlampe, so hat man es ohne weiteres in der Hand, derartige nicht ganz einwandfreie Teile des Glühfadens zu entfernen, wobei man nur den Faden ursprünglich etwas länger zu wählen hat, als er in der endgültigen Verwendung in der Glühlampe benötigt wird. Der fertiggestellte Faden wird nun in bekannter Weise in ein Glühlampenfüßchen eingeführt, wobei es vorteilhaft sein kann, die Enden des Fadens und die Stromzuführungen noch besonders durch Auftragen von Tantalcarbid zu schützen.

In analoger Weise, wie eben für das Tantalcarbid beschrieben wurde, können auch die Carbide der Homologen des Tantals, Niob und Vanadium, nutzbar gemacht werden. Diese letzteren Materialien haben allerdings einen niedrigeren Schmelzpunkt als das Tantalcarbid, so daß die erzielbare Leuchtdichte unter der mit Tantalcarbid erreichbaren bleibt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Elektrische Glühlampe, deren Leuchtkörper aus einem auf einem Träger aufgebrachten Carbid des Tantals oder eines Metalls der Tantalgruppe besteht, dadurch gekennzeichnet, daß als Träger für das Tantalcarbid ein aus Kohlenstoff bestehender fester Körper dient, der von dem Tantalcarbid vollkommen umschlossen ist.

2. Elektrische Glühlampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der aus einem Kohlenfaden und einem Tantalcarbidüberzug bestehende Glühfaden in Form einer Schraubenlinie oder in eng aneinanderliegenden Schleifen angeordnet ist.

3. Elektrische Glühlampe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe eine Edelgasfüllung besitzt.

4. Verfahren zur Herstellung von Glühlampen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das auf die Kohlenseele niedergeschlagene metallische Tantal dadurch in Tantalcarbid übergeführt wird, daß der Kohlenfaden

selbst erhitzt wird und so den für die Carbidbildung erforderlichen Kohlenstoff dem Tantal liefert.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das auf den Kohlen-

faden niedergeschlagene metallische Tantal durch Entnahme von Kohlenstoff sowohl aus einer kohlenstoffhaltigen Atmosphäre als auch aus der Kohlenseele in das Carbid verwandelt wird.

10